

CH 3.1 细胞膜的结构和功能

Y. K. Fu

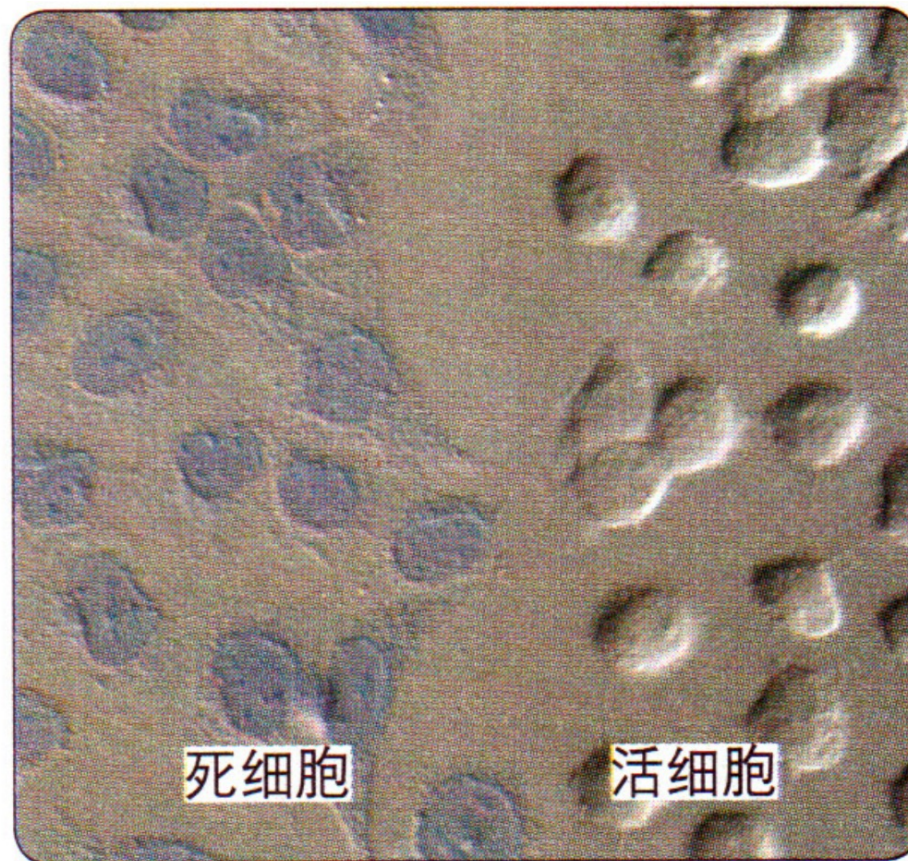
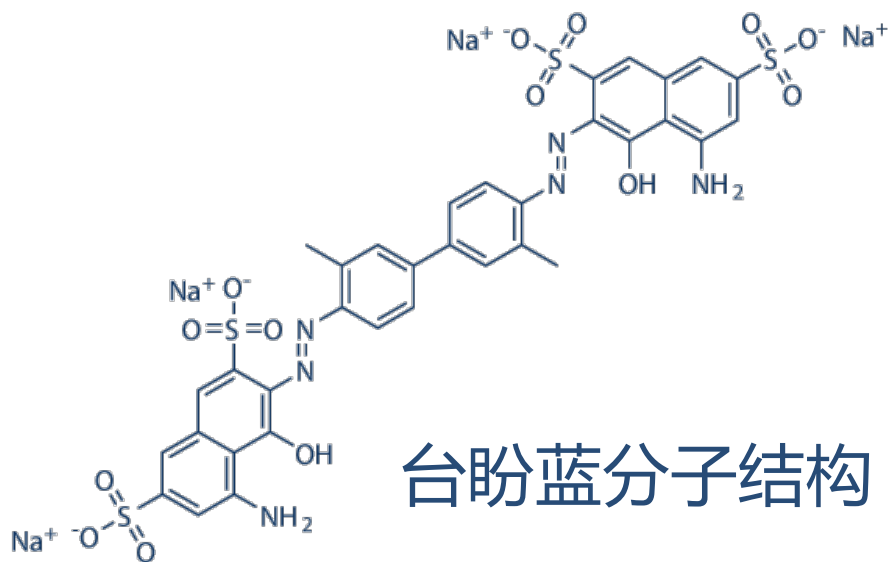


本节聚焦

- 细胞膜有哪些主要功能？
- 流动镶嵌模型的基本内容是什么？
- 通过对细胞膜结构的探索过程的分析，你对科学的过程和方法有哪些领悟？

问题探讨

鉴别动物细胞是否死亡常用台盼蓝染液。用它染色时，死细胞会被染成蓝色，而活细胞不会着色。



用台盼蓝染液染色后的
死细胞和活细胞(放大 200 倍)

问题探讨

1.为什么活细胞不能被染色，而死细胞能被染色？

活细胞的细胞膜具有**选择透过性**，染料台盼蓝是细胞不需要的物质，不易通过细胞膜，因此活细胞不被染色。死细胞的细胞膜失去控制物质进出细胞的功能，台盼蓝能通过细胞膜进入细胞，死细胞能被染成蓝色。

问题探讨

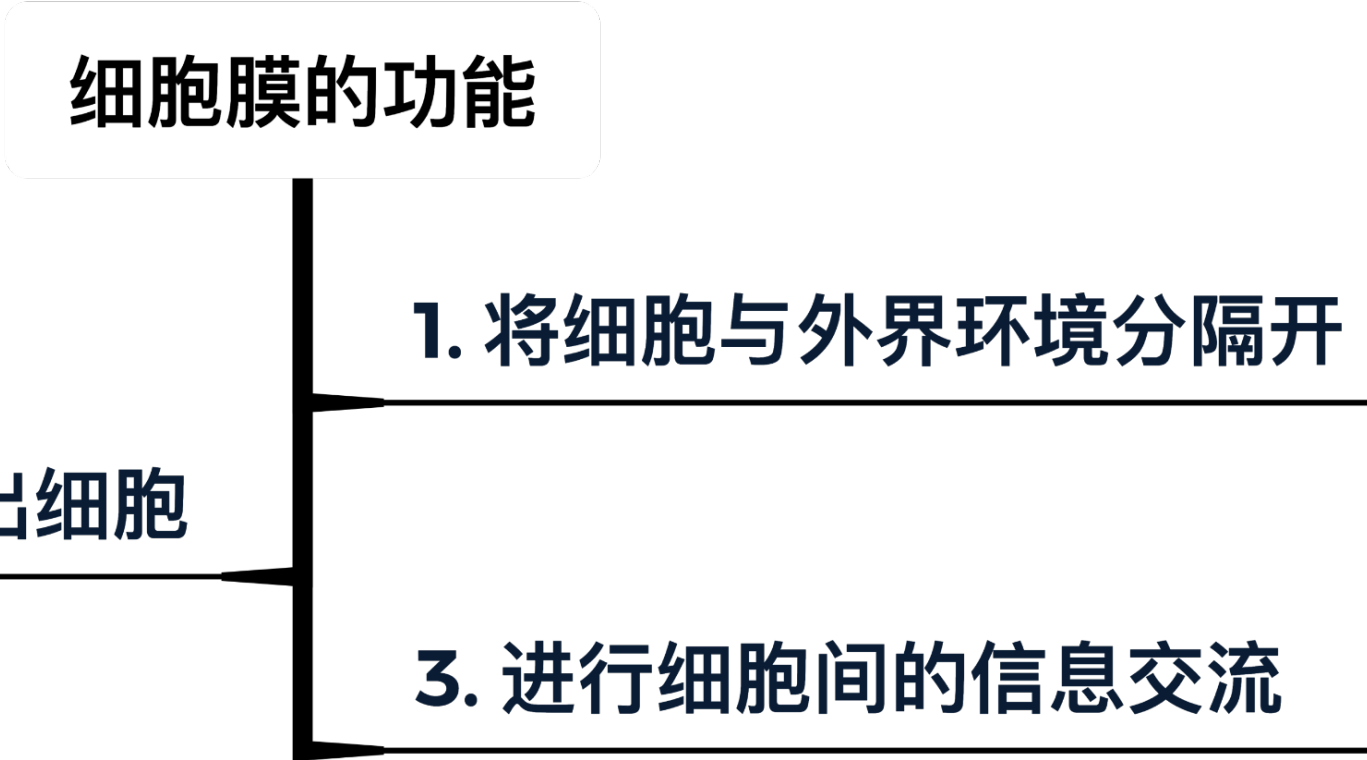
2. 据此推测，细胞膜作为系统的边界，应该具有什么功能？

活细胞膜作为细胞的边界，具有控制物质进出的功能。

CH 3.1 细胞膜的功能

细胞膜 (cell membrane) = 质膜 (plasma membrane)

细胞膜的功能



```
graph TD; A[细胞膜的功能] --- B[1. 将细胞与外界环境分隔开]; A --- C[2. 控制物质进出细胞]; A --- D[3. 进行细胞间的信息交流];
```

1. 将细胞与外界环境分隔开

2. 控制物质进出细胞

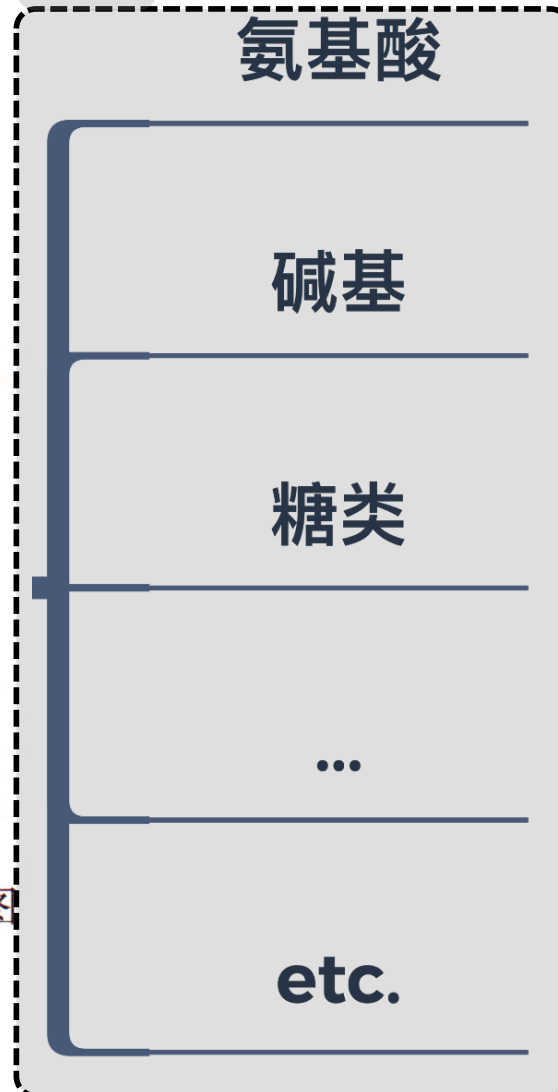
3. 进行细胞间的信息交流

CH 3.1.1 将细胞与外界环境分隔开



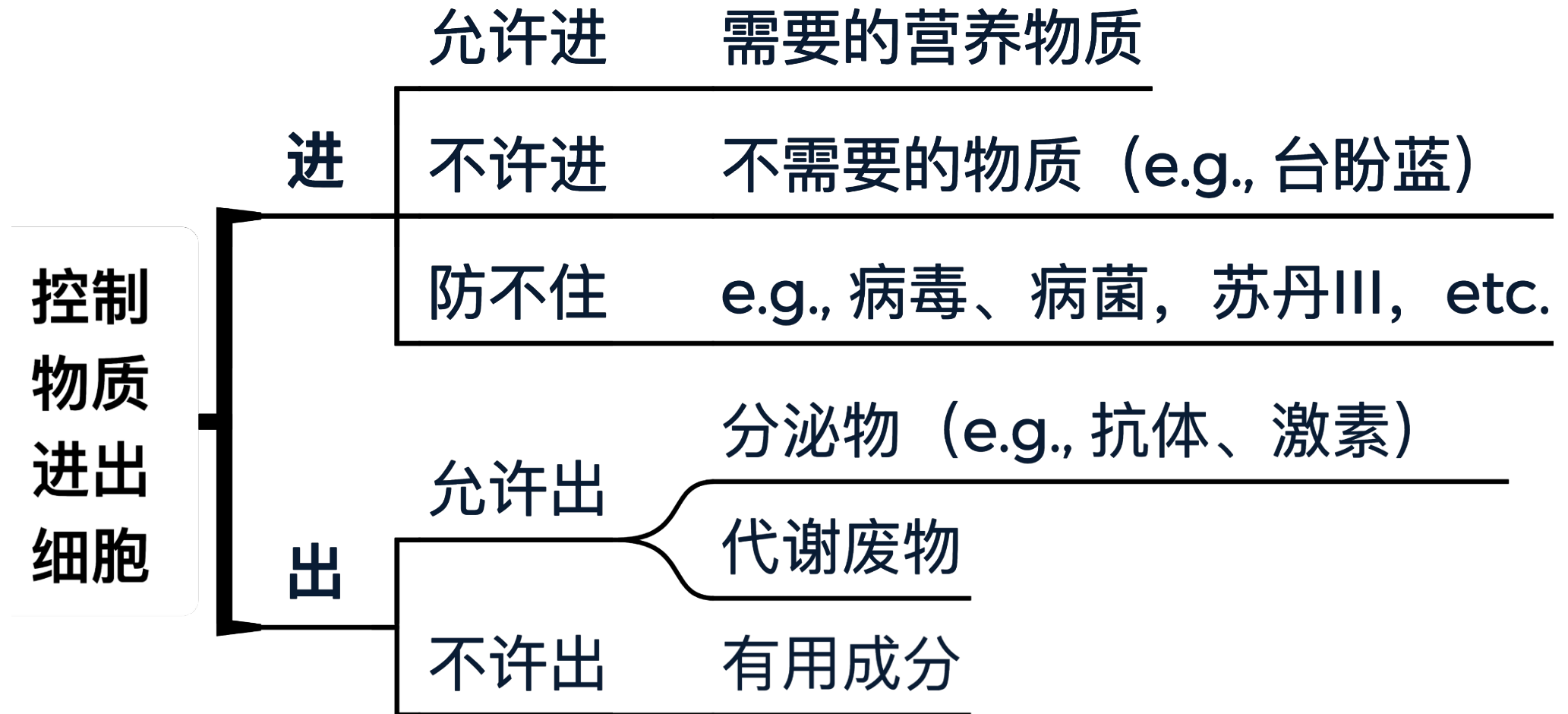
▲ 图 3-1 推测的原始海洋景观想象图

膜

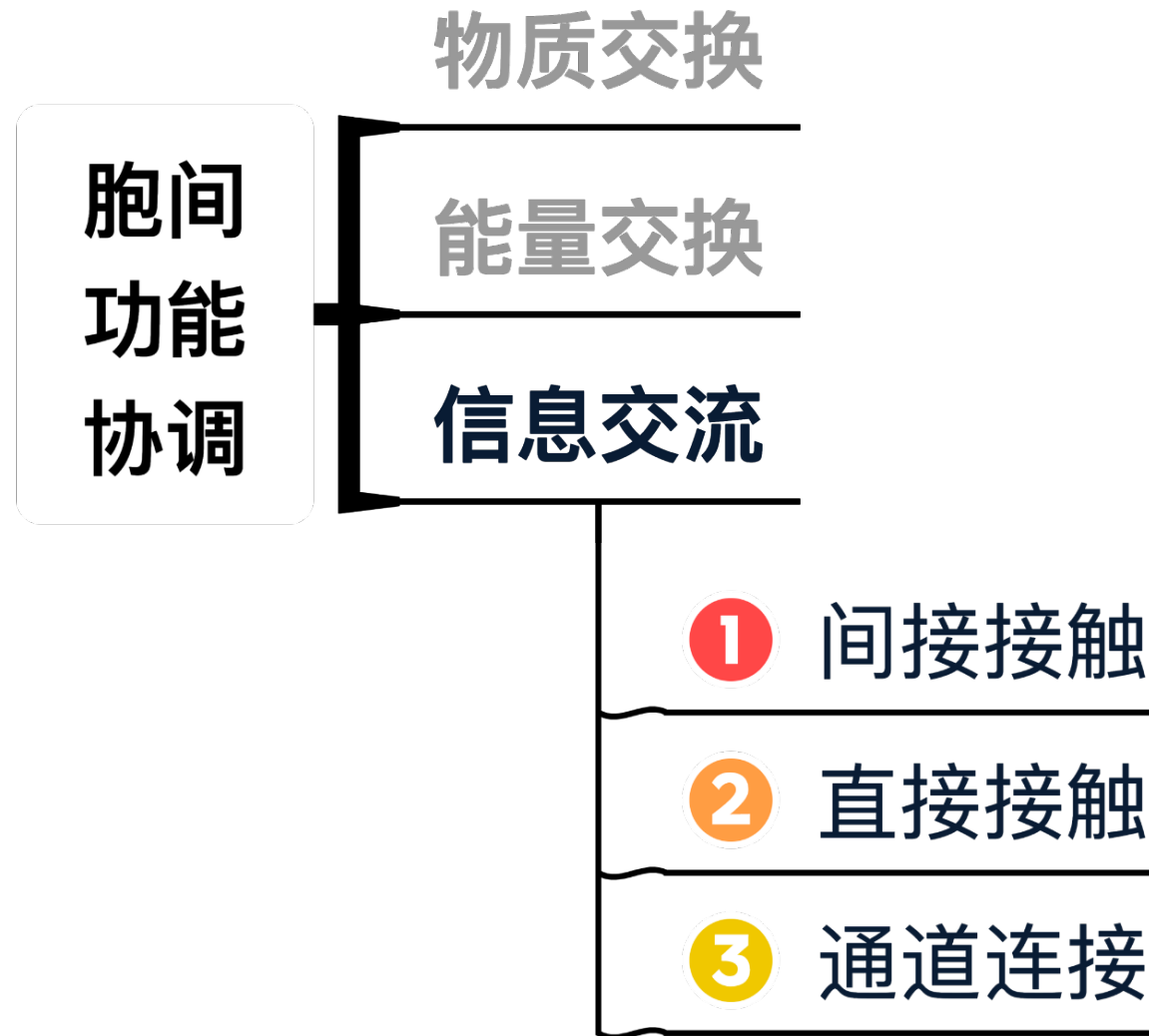


生命物质与外界环境分隔开，产生了原始的细胞，并成为相对独立的系统。细胞膜保障了细胞内部环境的相对稳定。

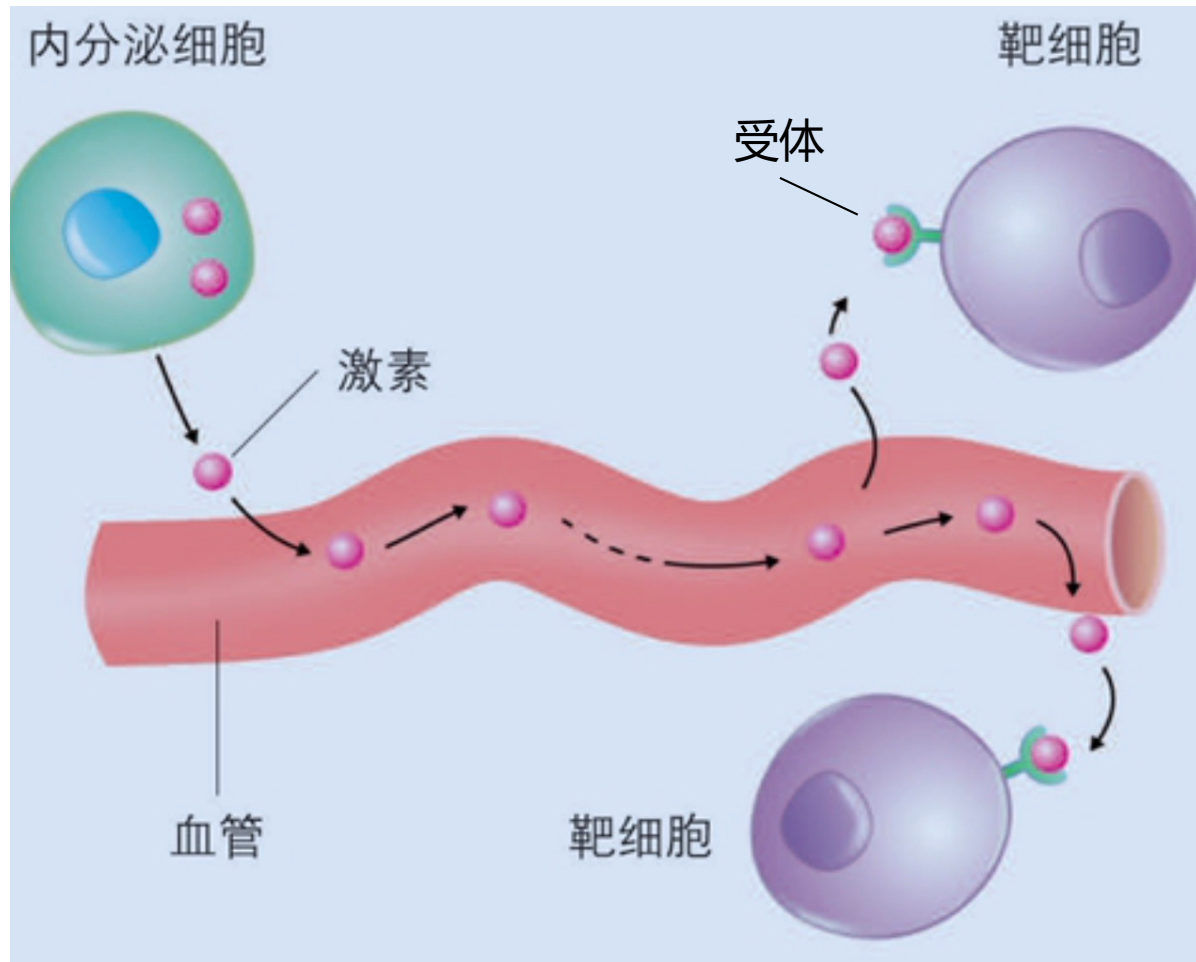
CH 3.1.2 控制物质进出细胞



CH 3.1.3 进行细胞间的信息交流



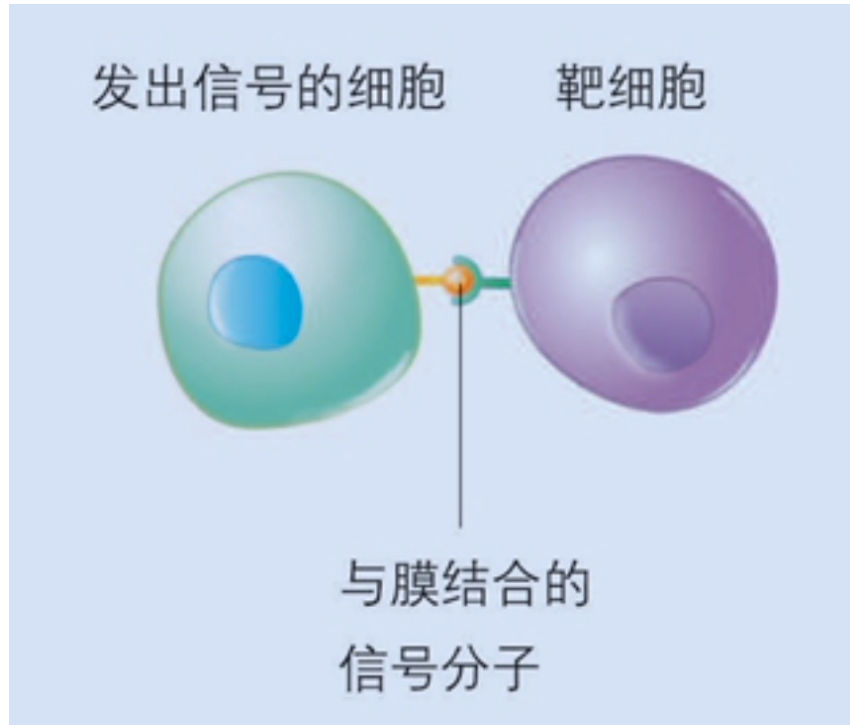
CH 3.1.3 进行细胞间的信息交流



内分泌细胞分泌的激素（如胰岛素），随血液到达全身各处，与靶细胞的细胞膜表面的受体结合，将信息传递给靶细胞。

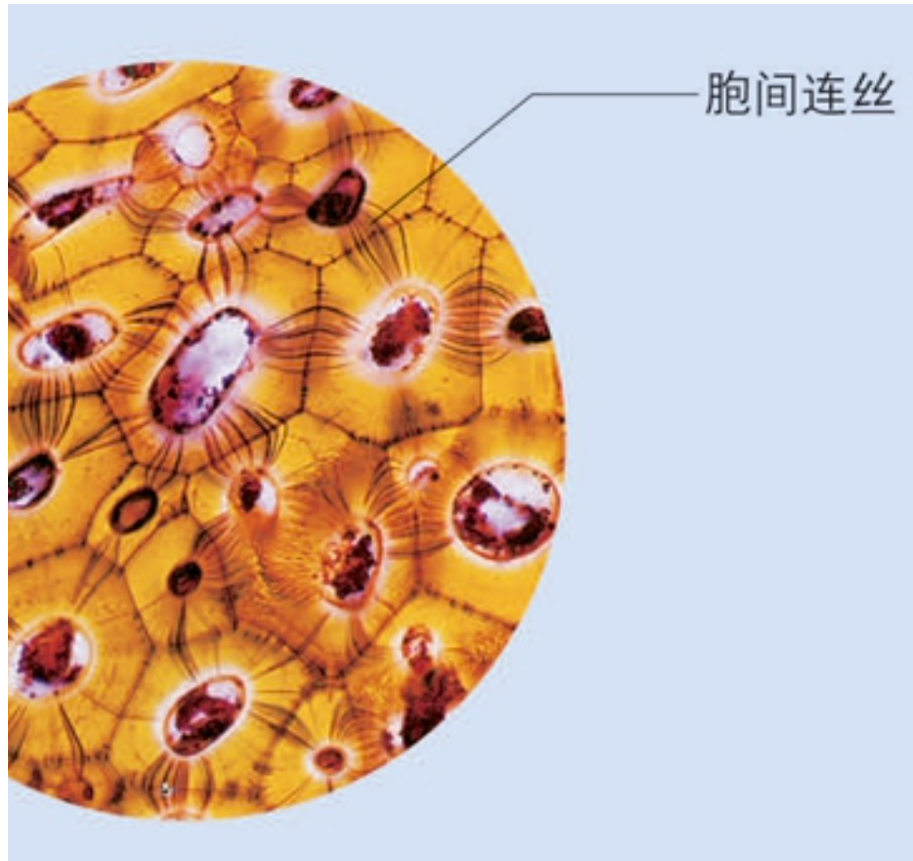
Q：所有激素的受体蛋白都在细胞膜上吗？

CH 3.1.3 进行细胞间的信息交流



相邻两个细胞的细胞膜接触，信息从一个细胞传递给另一个细胞。例如，精子和卵细胞之间的识别和结合。

CH 3.1.3 进行细胞间的信息交流



相邻两个细胞之间形成**通道**，携带信息的物质通过通道进入另一个细胞。例如，高等植物细胞之间通过**胞间连丝**相互连接，也有信息交流的作用。

胞间连丝 = **细胞膜** + 光面内质网膜





思考·讨论：对细胞膜成分的探索

① 欧文顿 (E. Overton) , 1895

实验：测试500+种化学物质对植物细胞的通透性

Q：为何使用植物细胞作为实验材料？

结果：溶于脂质的物质，容易穿过细胞膜；
不溶于脂质的物质，不容易穿过细胞膜。

Q：能否各举一个实例？A：苏丹Ⅲ；台盼蓝

结论：细胞膜是由脂质组成的。



思考·讨论：对细胞膜成分的探索

② 无名氏，年代不可考

实验：利用动物的卵细胞、红细胞、神经细胞作为研究材料制备纯净的细胞膜

结果：利用哺乳动物的红细胞可制备纯净的细胞膜

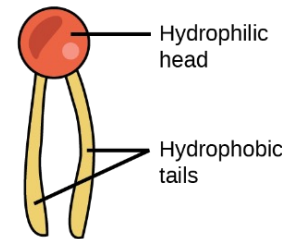
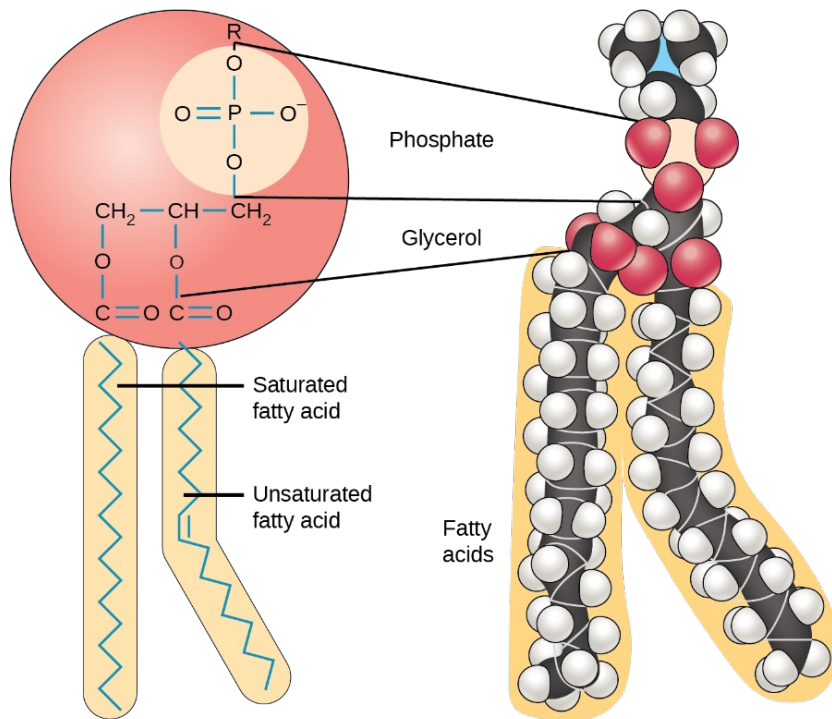
Q：为何使用哺乳动物红细胞作为实验材料？

结论：组成（动物）细胞膜的脂质有磷脂和胆固醇，其中磷脂含量最多。

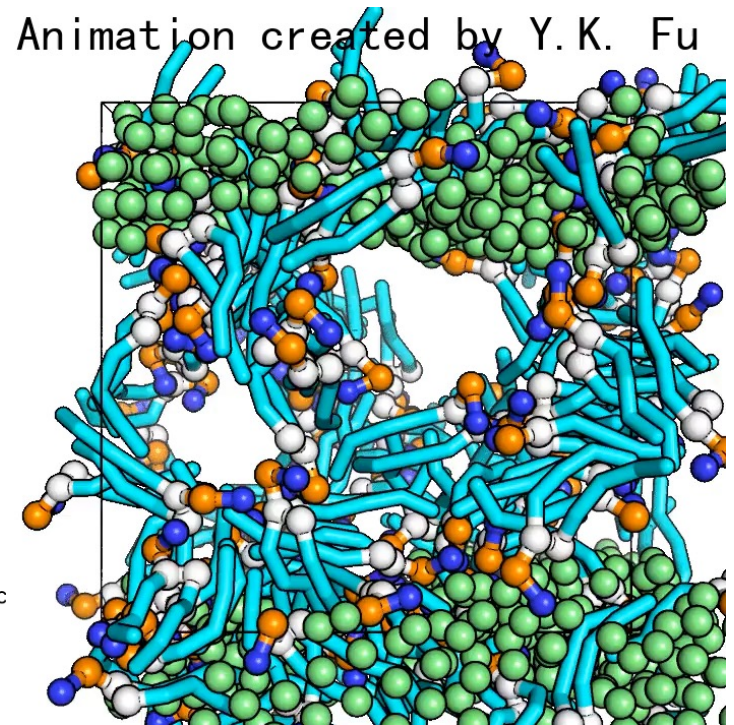
① 思考·讨论：对细胞膜成分的探索

② 无名氏，年代不可考

磷脂的一端为亲水的头，两个脂肪酸一端为疏水的尾，多个磷脂分子在水中总是自发地形成双分子层。



Animation created by Y. K. Fu



亲水和疏水

亲水



疏水





思考·讨论：对细胞膜成分的探索

③ 戈特和格伦德尔（ E. Gorter & G. Grendel ） , 1925

实验： 用丙酮从人的红细胞中提取脂质，在空气—水界面上铺展成单分子层。

结果： 测得单层分子的面积恰为红细胞表面积的2倍。

结论： 细胞膜中的磷脂分子必然排列为连续的两层。



思考·讨论：对细胞膜成分的探索

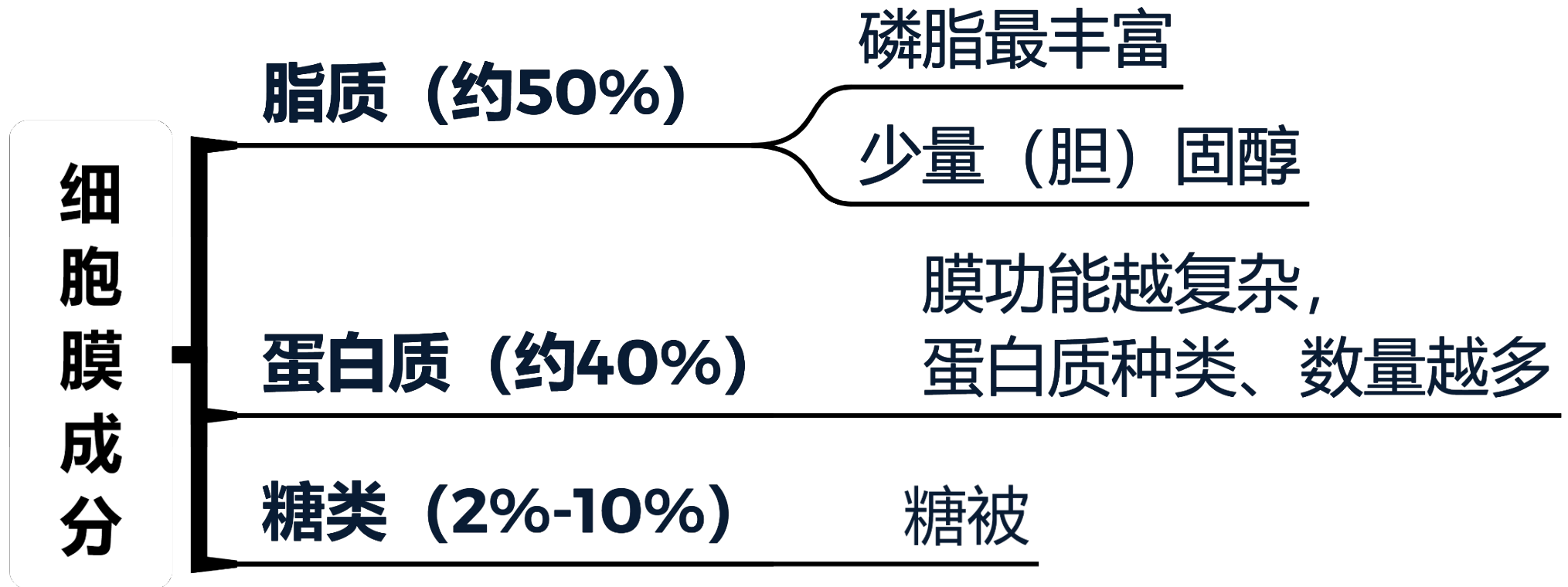
④ 丹尼利和戴维森（ J. F. Danielli & H. Davson ） , 1935

实验： 研究细胞膜的张力

结果： 细胞膜表面张力明显低于油—水界面表面张力
（ 已知油脂滴表面如果附有蛋白质成分则表面
张力会降低 ）

结论： 细胞膜可能附有蛋白质

CH 3.1.2 对细胞膜结构的探索小结



思考·讨论：对细胞膜成分的探索

1.最初对细胞膜成分的认识，是通过对现象的推理分析，还是通过对膜成分的提取与检测？

最初对细胞膜成分的认识，是通过对现象的推理分析得出的。



思考·讨论：对细胞膜成分的探索

2.根据磷脂分子的特点解释，为什么磷脂在空气—水界面上铺展成单分子层？科学家是如何推导出“脂质在细胞膜中必然排列为连续的两层”这一结论的？

因为磷脂分子的“头部”亲水，“尾部”疏水，所以在水—空气的界面上磷脂分子是“头部”向下与水面接触，“尾部”则朝向空气的一面。

科学家因测得从哺乳动物成熟的红细胞中提取的脂质，铺成单分子层的面积恰为红细胞表面积的2倍，才得出膜中的脂质必然排列为连续的两层这一结论。



思考·讨论：对细胞膜成分的探索

3. 磷脂分子在水中能自发地形成双分子层，你如何解释这一现象？由此，你能否就细胞膜是由磷脂双分子层构成的原因作出分析？

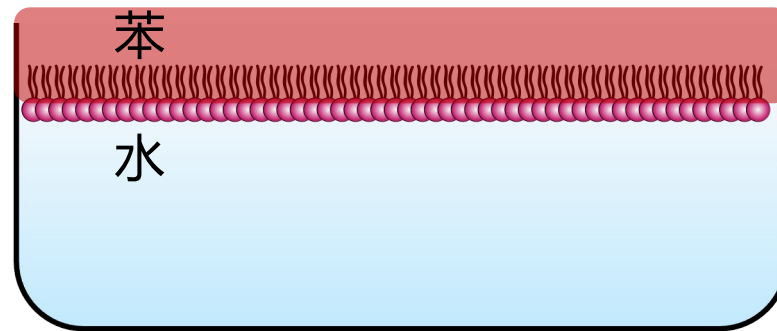
由于磷脂分子有亲水的“头部”和疏水的“尾部”，在水溶液中，朝向水的是“头部”，“尾部”受水的排斥。当磷脂分子的内外两侧均是水环境时，磷脂分子的“尾部”相对排列在内侧，“头部”则分别朝向两侧水的环境，形成磷脂双分子层。

细胞的内外环境都是水溶液，所以细胞膜磷脂分子的“头部”向着膜的内外两侧，而“尾部”相对排在内侧，形成磷脂双分子层。

① 思考·讨论：对细胞膜成分的探索

4. 如果将磷脂分子置于水—苯的混合溶剂中，磷脂分子将会如何分布？

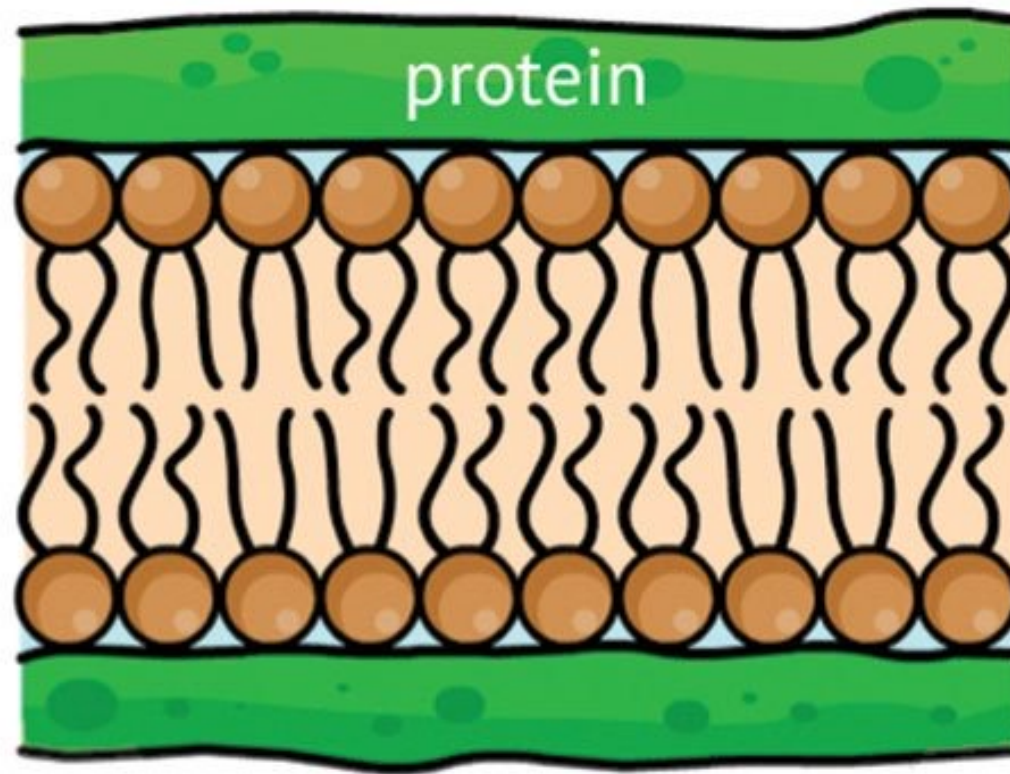
如果将磷脂分子置于水—苯的混合溶剂中，磷脂的“头部”将与水接触，“尾部”与苯接触，磷脂分子分布成单层。



CH 3.1.2 对细胞膜结构的探索

④ 丹尼利和戴维森 (J. F. Danielli & H. Davson) , 1940s

推测脂质两边各覆盖着蛋白质 (三明治模型)

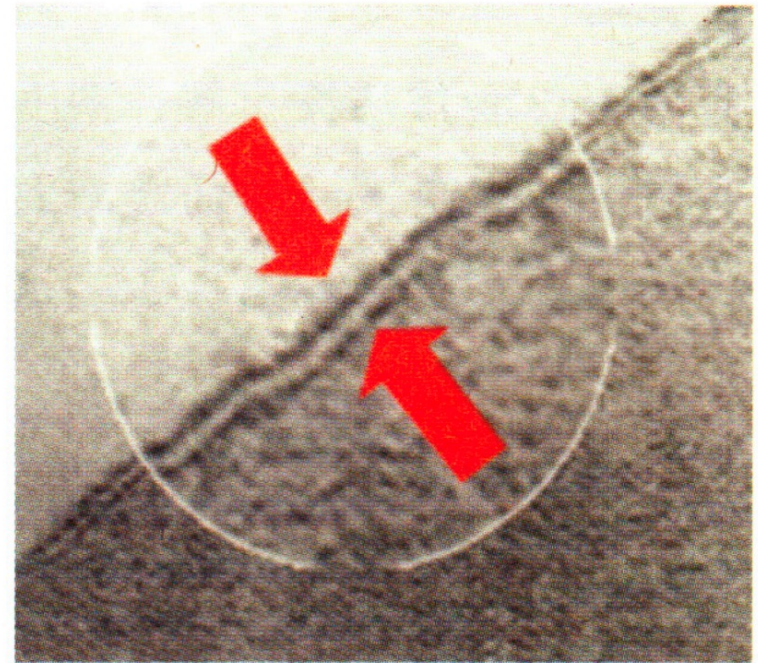


CH 3.1.2 对细胞膜结构的探索

⑥ 罗伯特森 (J. D. Robertson) , 1959

所有的细胞膜都由蛋白质—脂质—蛋白质三层构成的静态统一结构。

电镜下看到的中间亮层是脂质分子，两边的暗层是蛋白质分子



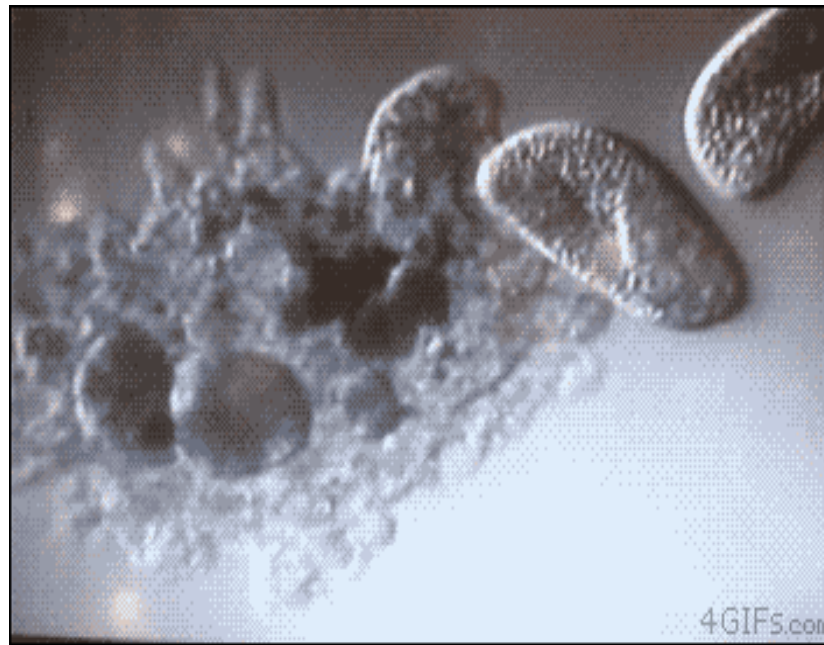
▲ 图 3-3 细胞膜结构的电镜照片
(放大 400 000 倍)

暗—亮—暗三层结构

CH 3.1.2 对细胞膜结构的探索

⑥ 罗伯特森 (J. D. Robertson) , 1959

静态统一结构模型缺陷：无法解释细胞膜复杂功能



扎心真相：暗—亮—暗是钨 (e^-) 酸固定的结果，钨酸与磷脂极性头部基团亲和力极强

CH 3.1.2 对细胞膜结构的探索

⑦ L. D. Frye & M. Edidin , 1970

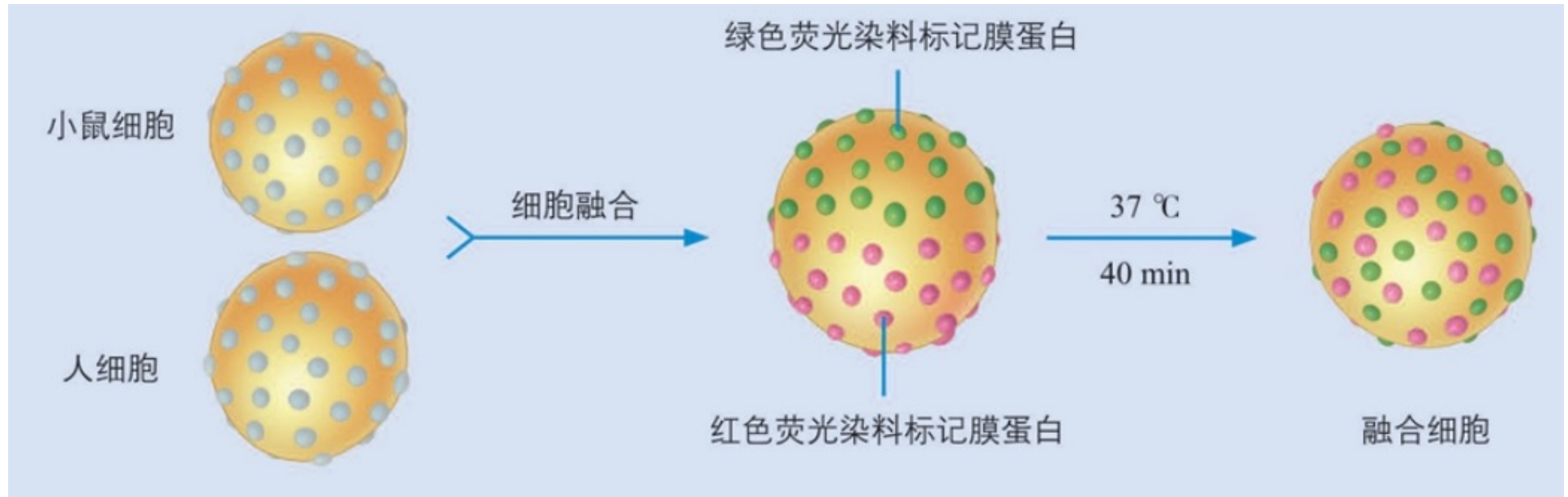
实验： 融合小鼠细胞和人细胞，用不同颜色荧光染料去标记两种细胞表面的蛋白质

结果： 两种细胞刚融合时，融合细胞的一半发绿色荧光，另一半发红色荧光。37 °C下经过40 min，两种颜色的荧光均匀分布

结论： 细胞膜具有流动性

CH 3.1.2 对细胞膜结构的探索

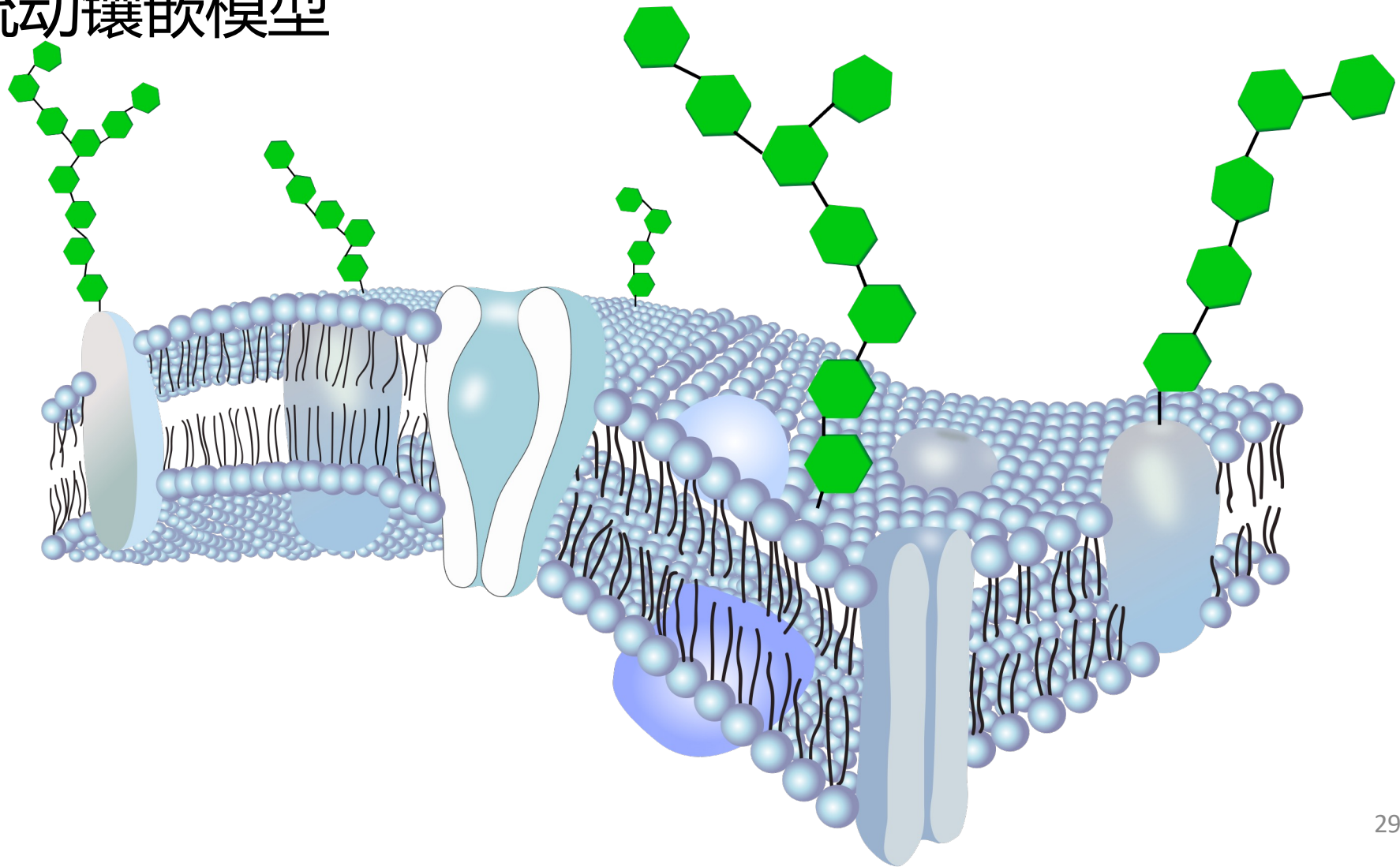
⑦ L. D. Frye & M. Edidin , 1970



CH 3.1.3 流动镶嵌模型的基本内容

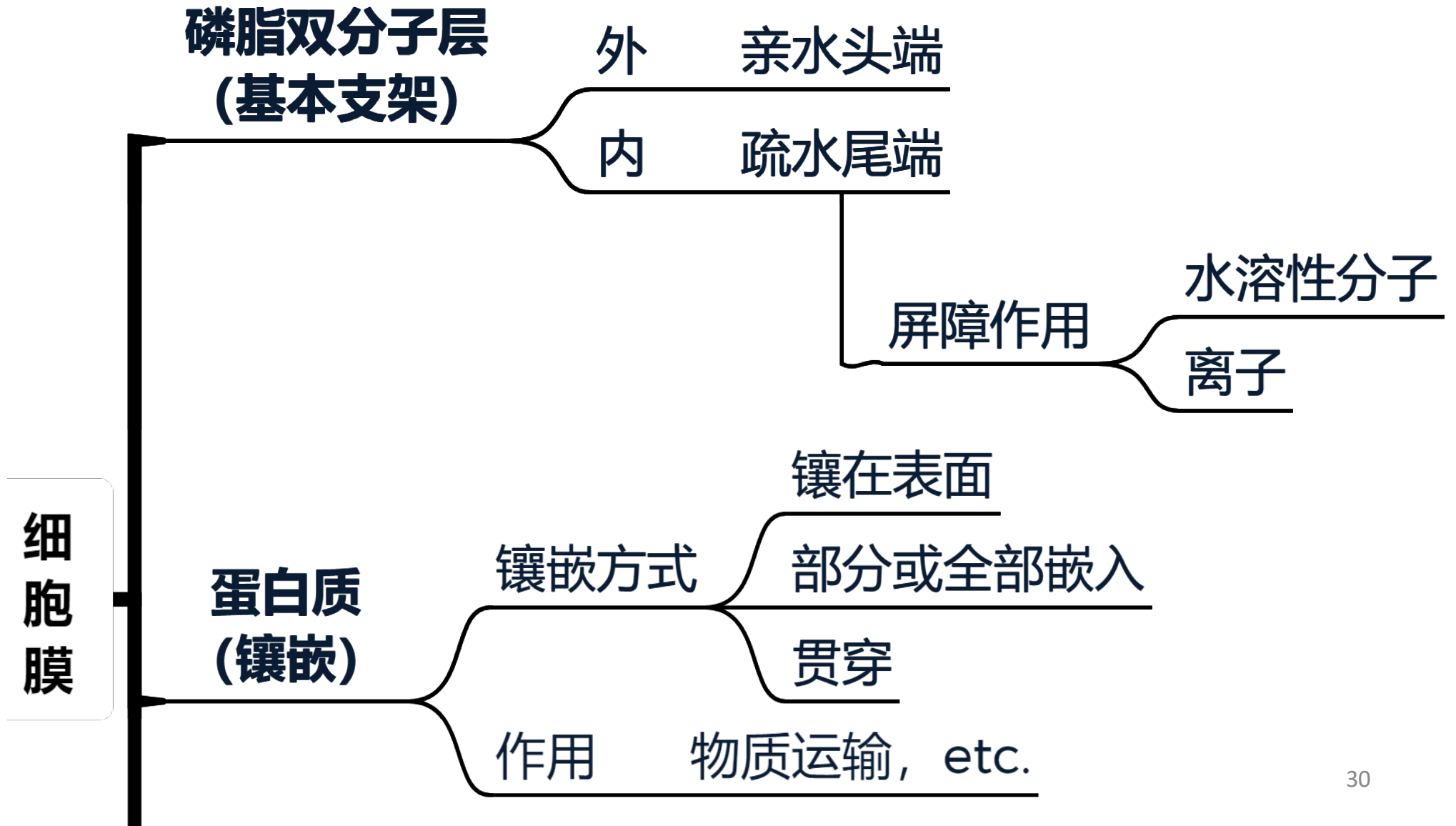
⑧ 辛格和尼科尔森 (S. J. Singer & G. Nicolson) , 1972

流动镶嵌模型



CH 3.1.3 流动镶嵌模型的基本内容

⑧ 辛格和尼科尔森 (S. J. Singer & G. Nicolson) , 1972



流动性

流动方式

磷脂分子侧向自由移动

蛋白质大多也能运动

作用

完成物质运输、生长、
分裂、运动功能

定义

细胞膜外表面的糖类分子

扩展

糖+蛋白质→糖蛋白

糖+脂质→糖脂

功能

细胞表面识别、
细胞间信息传递

糖被

P045旁栏

既然膜内部分是疏水的，水分子为什么能够跨膜运输呢？

一是因为水分子极小，可以通过由于磷脂分子运动而产生的间隙；二是因为膜上存在水通道蛋白，水分子可以通过通道蛋白通过膜。

科学方法：提出假说



练习与应用：一、概念检测

1.基于对细胞膜结构和功能的理解，判断下列相关表述是否正确。

（1）构成细胞膜的磷脂分子具有流动性，而蛋白质是固定不动的。✗

（2）细胞膜是细胞的一道屏障，只有细胞需要的物质才能进入，而对细胞有害的物质则不能进入。✗

（3）向细胞内注射物质后，细胞膜上会留下个空洞。✗

练习与应用：一、概念检测

2.细胞膜的特性和功能是由其结构决定的。下列相关叙述错误的是 **B**

A.细胞膜的脂质结构使溶于脂质的物质，容易通过细胞膜

B.由于磷脂双分子层内部是疏水的，因此水分子不能通过细胞膜

C.细胞膜的蛋白质分子有物质运输功能

D.细胞的生长现象不支持细胞膜的静态结构模型

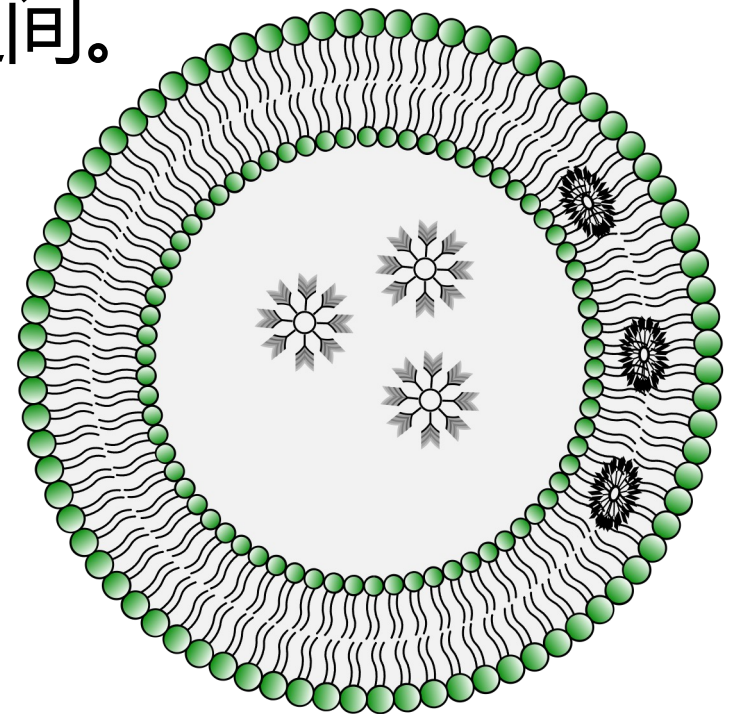
练习与应用：二、拓展应用

1.在解释不容易理解的陌生事物时，人们常用类比的方法，将陌生的事物与熟悉的事物作比较。有人在解释细胞膜时，把它与窗纱进行类比：窗纱能把昆虫挡在外面，同时窗纱的小洞又能让空气进出。你认为这种类比有什么合理之处，有没有不妥当的地方？

把细胞膜与窗纱进行类比，合理之处是说明细胞膜与窗纱一样可以允许一些物质出入，阻挡其他物质出入。这样的类比也有不妥之处。例如，窗纱是一种简单的刚性的结构，功能较单纯，细胞膜的结构和功能要复杂得多；细胞膜是活细胞的重要组成部分，活细胞的生命活动是一个主动的过程，而窗纱是没有生命的，它只能是被动地在起作用。

练习与应用：二、拓展应用

2.右下图是由磷脂分子构成的脂质体，它可以作为药物的运载体，将其运送到特定的细胞发挥作用。在脂质体中，能在水中结晶的药物被包在双分子层中，脂溶性的药物被包在两层磷脂分子之间。



练习与应用：二、拓展应用

(1) 为什么两类药物的包裹位置各不相同?

由双层磷脂分子构成的脂质体，两层磷脂分子之间的部分是疏水的，脂溶性药物能被稳定地包裹在其中；脂质体的内部是水溶液的环境，能在水中结晶的药物可稳定地包裹其中。

练习与应用：二、拓展应用

(2) 请推测：脂质体到达细胞后，药物将如何进入细胞内发挥作用？

由于脂质体是磷脂双分子层构成的，到达细胞后可能会与细胞的细胞膜发生融合，也可能被细胞以胞吞的方式进入细胞，从而使药物在细胞内发挥作用。